

## Dağlık Arazide Farklı Bölmeden Çıkarma Tekniklerinin Orman Toprağının Sıkışmasına Etkisi

Habip EROĞLU

Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, Artvin

### *Eser Bilgisi:*

*Araştırma makalesi*

*Sorumlu Yazar: Habip EROĞLU, e-mail: [habipcroglu@artvin.edu.tr](mailto:habipcroglu@artvin.edu.tr)*

---

### ÖZET

Bu çalışmada Artvin yöresinde bölmeden çıkarma tekniklerinin orman topraklarının sıkışmasına etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla; her birinde 3'er adet olmak üzere; hava hattı, orman traktörü, insan gücü ve oluk sistemleri ile bölmeden çıkarmanın yapıldığı toplam 12 deneme alanında penetrologger kullanarak zeminlerin penetrasyon dirençleri ölçülmüştür. Sonuçta; insan gücü ve traktörle bölmeden çıkarma yapılan deneme alanlarında ölçülen penetrasyon direnç değerlerinin kontrol noktalarına göre değişimleri, hava hattı ve oluk sistemiyle çalışılan deneme alanlarına göre daha yüksek bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Penetrologger, toprak sıkışması, bölmeden çıkarma, sürütme, oluk sistemleri, Artvin

## Effects of Different Logging Techniques on Forest Soil Compaction at Mountainous Terrain

### *Article Info:*

*Research article*

*Corresponding author: Habip EROĞLU, e-mail: [habipcroglu@artvin.edu.tr](mailto:habipcroglu@artvin.edu.tr)*

---

### ABSTRACT

In this study, it was investigated that the effects of different logging techniques on forest soil compaction in the Artvin region. For this purpose, soil penetration resistance was measured in a total of 12 experimental areas where each with 3 pieces, including logging with forest skyline, forest tractor, manpower and chute systems using penetrologger. As a result, changes of penetration resistances values at where logging with manpower and forest tractor according to control points were higher than logging with forest skyline and chute systems.

**Keywords:** Penetrologger, soil compaction, logging, skidding, chute system, Artvin

## GİRİŞ

Ormancılıkta odun hammadde üretimi; orman işletmelerine gelir sağlamak ve piyasaların odun hammadde ihtiyacını karşılamak amacıyla idare müddetini dolduran dikili ağaçların kesilerek en yakın orman yoluna ve oradan orman depolarına kadar taşınması sürecinde

uygulanan faaliyetlerin bütünü kapsamaktadır. Bu faaliyetler; kesme, dal ve tepe alımı, bölümlere ayırma (tomruklama), kabuk soyma, bölmeden çıkarma, yükleme ve taşıma aşamalarından oluşmaktadır.

Ülkemizde odun hammadde üretimi faaliyetleri; insan, hayvan ve kısmen de

makine gücüne dayalı tekniklerin kullanılmasıyla gerçekleştirilmektedir. Odun hammaddesi üretim çalışmaları; orman toprağına çeşitli şekil ve düzeylerde zararlar vermektedir (Bettinger ve Kellogg 1993; Smidt ve Blinn 1995; Croke vd. 1999; Marshall 2000; Pinard vd. 2000; Quesnel ve Curan 2000; Akay vd. 2007; Demir vd. 2007; Horn vd. 2007; Makineci vd. 2007; Eroğlu vd. 2010). Orman toprağı üzerinde oluşan bu zararlar, erozyon ve su kaynaklarında bozulmalar gibi çevresel tahriplere neden olmaktadır (Johns vd. 1996; FAO 1997; Holmes vd. 2002; Krzic vd. 2003). Bu yüzden özellikle dağlık alanlarda sürdürülebilir ormancılık açısından en uygun bölmeden çıkarma tekniğinin kullanılması gerekmektedir (Dykstra ve Heinrich 1992).

Bazı ülkelerde bölmeden çıkarma çalışmalarının olumsuz etkilerini ortaya koymaya yönelik bir çok proje ve çalışma yapılmıştır (Elias 1995; FAO 1997; Elias 1998; Pinard vd. 2000; Blomback vd. 2001; Steege vd. 2002; Gerwing 2006; Putz vd. 2008). Bu çalışmalarda çevreye zarar veren bölmeden çıkarma teknikleri ile zararlı etkisi az olan teknikler karşılaştırılmış, arazi şartlarına göre en uygun tekniğin belirlenmesine çalışılmıştır.

Froehlich (1981), donmuş zeminde veya kalın kar tabakası üzerinde yapılan bölmeden çıkarma çalışmalarının toprakta oluşacak zararı azaltacağını, hatta ortadan kaldıracılabileceğini belirtmiştir. Birçok alanda bu tür koruyucu şartları sağlamak her zaman mümkün olmayıp zeminde sürütme yapılan yerlerde orman toprağının zarar görmesinin kaçınılmaz olacağını belirtmiştir.

Bettinger vd. (1994) toprak üzerinde oluşturdıkları sertleşme açısından bölmeden çıkarma tekniklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında; toprakta oluşan sertleşmenin, toprak özelliklerine, hasatta kullanılan ekipman türüne ve alandan geçen araç sayısına bağlı olduğunu, üretim sahalarında; zemin üzerinde sürütmenin kablolu sistemlere göre daha fazla zarar verdiğini, helikopter ve balon ile istihsalin ise en az zarara neden olduğu sonucunu ortaya koymuşlardır.

Croke vd. (2001)'nın üretim çalışmalarının toprak üzerindeki etkilerini araştırdıkları çalışmalarında; bölmeden çıkarma çalışmalarının orman toprağı üzerinde önemli derecede etki oluşturduğunu, özellikle sürütme yolları üzerinde yapılan bölmeden çıkarma çalışmalarının zeminlerin yüzey sıkışıklığı, infiltrasyon (geçirimsizlik) ve erozyona eğilim değerlerini değiştirdiğini tespit etmiştir.

Baumgras vd (1995), aralama ve ışıklandırma kesimi yapılan alanda hava hattı ile bölmeden çıkarmanın çevresel etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, alanda toprak zararlarının oluştuğunu, yine bu çalışmada aralama kesimlerinin yapıldığı alanlarda dikili ağaçlarda ışıklandırma kesimi yapılan alanlara göre daha fazla zararların oluştuğunu belirtmişlerdir.

Froehlich vd. (1981) yaptıkları bir çalışmada; sürütme yolları üzerinde orman traktörleriyle yapılan sürütme çalışmalarından orman toprağının, zemininin direncine, nem içeriğine, organik madde miktarına ve kullanılan traktörün özelliklerine bağlı olarak % 10-80 oranında zarar gördüğünü tespit etmişlerdir.

Erdaş'ın (1993) traktör-toprak ikili sisteminden hareket ederek traktörlerle orman ürünlerinin bölmeden çıkarılması sırasında ortaya çıkabilecek zararları araştırdığı çalışmasında; bölmeden çıkarma sırasında traktör kullanımının orman toprakları üzerinde toprağın tekstürüne ve su içeriğine bağlı olarak değişik tip ve oranlarda olumsuz etkiler meydana getirdiğini belirtmiştir.

Ampoorter ve ark. (2007) Hollanda'da yaptıkları bir çalışmada, iki farklı kumlu orman toprağı üzerinde makineli üretim çalışmalarının toprakların hacim ağırlığı ve penetrasyon dirençleri üzerinde etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla harvester ve forwarderle gerçekleştirilen üretim çalışmalarında makinelerin toprak üzerinden her geçişlerinden sonra ölçümler yapmışlardır. Sonuçta bu iki makine ile kumlu topraklar üzerinde çalışmanın hacim ağırlığı ve penetrasyon dirençlerini yükselttiğini belirlemişlerdir.

Ülkemizde ve özellikle Artvin yöresinde ormanlık alanlar dağlık arazidedir. Artvin'de bölmeden çıkarma çalışmalarının gerçekleştirilmesinde insan gücü, orman traktörü ve hava hatları yaygın kullanım alanı bulurken, son zamanlarda plastik oluklar da yer yer

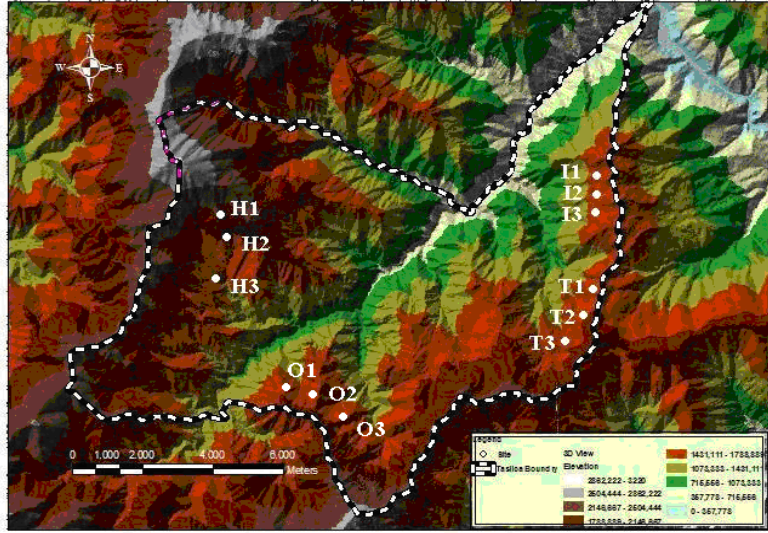
kullanılmaya başlanmıştır (Eroğlu ve Acar 2007).

Bu çalışmada Artvin yöresinde kullanılmakta olan bölmeden çıkarma tekniklerinin orman toprağının sıkışması üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla 4 farklı bölmeden çıkarma tekniğinin kullanıldığı deneme alanlarında penetrologger kullanılarak toprağın sıkışma derecesi ölçülmüştür.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Bölmeden çıkarma çalışmalarının orman toprağının sıkışması üzerindeki etkilerini ortaya koyabilmek için Artvin Orman Bölge Müdürlüğüne bağlı Artvin Orman İşletme Müdürlüğü'nün, Taşlıca Orman İşletme Şefliği (OİŞ) sınırları içerisinde kalan ve her birinde 3'er adet olmak üzere; hava hattı (H1, H2, H3), orman traktörü (T1, T2, T3), insan gücü (I1, I2, I3) ve oluk sistemleri (O1, O2, O3) ile bölmeden çıkarmanın yapıldığı toplam 12 deneme alanında penetrologger ile ölçümler yapılmıştır (Şekil 1).

Tablo 1'de ölçümlerin yapıldığı deneme noktalarının, bölme numaraları, denizden yükseklik, arazi eğimi, bakı, meşçere tipi, taşıma yönü ve taşıma mesafeleri gibi özellikleri verilmiştir.



Şekil 1. Deneme alanlarının Taşlıca OİŞ'ne ait sayısal haritadaki konumları

Tablo 1. Deneme alanlarının özellikleri

| Bölmeden Çıkarma Tekniği         | D.A. No | Bölme No | Yükselti (m) | Arazi Eğimi (%) | Bakı   | Meşçere Tipi | Taşıma Yönü | Taşıma Mesafesi (m) |
|----------------------------------|---------|----------|--------------|-----------------|--------|--------------|-------------|---------------------|
| İnsan Gücü                       | I1      | 99       | 1520         | 40              | Batı   | ÇsLGc3       | Aşağı       | 200                 |
|                                  | I2      | 99       | 1507         | 40              | Batı   | ÇsLGc3       | Aşağı       | 200                 |
|                                  | I3      | 99       | 1490         | 40              | Batı   | ÇsLGc3       | Aşağı       | 200                 |
| Traktör (MB Trac 900)            | T1      | 206      | 1620         | 60              | G-Batı | Lcd3         | Yukarı      | 100                 |
|                                  | T2      | 206      | 1612         | 80              | K-Batı | Lcd3         | Yukarı      | 100                 |
|                                  | T3      | 249      | 1600         | 100             | Batı   | LGcd3        | Yukarı      | 100                 |
| Hava Hattı (URUS M III)          | H1      | 104      | 2175         | 60              | G-Batı | Lc3          | Yukarı      | 400                 |
|                                  | H2      | 104      | 2100         | 50              | G-Batı | Lc3          | Yukarı      | 450                 |
|                                  | H3      | 103      | 2122         | 60              | G-Batı | Lc3          | Yukarı      | 450                 |
| Oluk Sistemi (AcarOLUKPeF50/600) | O1      | 88       | 1750         | 30              | K-Doğu | Lc3          | Aşağı       | 250                 |
|                                  | O2      | 88       | 1800         | 40              | Doğu   | Lc3          | Aşağı       | 150                 |
|                                  | O3      | 84       | 1774         | 35              | K-Doğu | Lc3          | Aşağı       | 175                 |

Tablo 1'de de görüldüğü gibi deneme alanlarının denizden yükseklikleri 1520-2175 m, arazi eğimleri % 40-100, meşçere kaplılıkları % 70-100, taşıma mesafeleri 100-450 m arasında değişmektedir. Deneme alanlarının bakıları batı, kuzey batı ve güney batı bakılardır. İnsan gücüyle bölmeden çıkarmada taşıma yönü yukarıdan aşağıya olup ürünlerin yerçekimi kuvvetinden yararlanarak kontrolsüz olarak eğim aşağı kaydırılması söz konusudur. Traktörle bölmeden çıkarmada MB Trac 900

orman traktörü ile doğrudan zemin üzerinde aşağıdan yukarıya doğru kablolu sürütme yapılmıştır. Hava hattı ile bölmeden çıkarmada da taşıma yönü aşağıdan yukarıya olup Urus M III orta mesafeli mobil vinçli hava hattı kullanılmıştır. Oluk sistemleri ile bölmeden çıkarmada AcarOLUKPeF50/600 plastik olukları ile yukarıdan aşağıya taşıma gerçekleştirilmiştir.

Deneme alanlarının alındığı bölmelerde yapılan damga ve gerçekleşen üretim miktarları Tablo 2'de verilmiştir. Deneme alanlarının alındığı bölme

alanları 27.0 ha ile 52.0 ha arasında değişmekte olup toplam 2950 m<sup>3</sup> damga yapılmış, 2673.803 m<sup>3</sup> endüstriyel odun hammaddesi üretimi gerçekleştirilmiştir.

**Tablo 2.** Deneme Alanlarında Gerçekleşen Üretim Miktarları

| Bölmeden Çıkarma Tekniği         | D.A. No | Bölme No | Bölme Alanı (ha) | Damga Miktarı (m <sup>3</sup> )                | Üretim Miktarı (m <sup>3</sup> ) |          |
|----------------------------------|---------|----------|------------------|--|----------------------------------|----------|
|                                  |         |          |                  |  | Tomruk                           | Kağıtlık |
| İnsan Gücü                       | I1      |          |                  |  |                                  |          |
|                                  | I2      | 99       | 27.5             | 173  | 101.776                          | 61.742   |
|                                  | I3      |          |                  |  |                                  |          |
| Traktör (MB Trac 900)            | T1      | 206      | 27.0             | 797  | 405.180                          | 286.494  |
|                                  | T2      |          |                  |  |                                  |          |
|                                  | T3      | 249      | 33.0             | 478  | 313.087                          | 107.431  |
| Hava Hattı (URUS M III)          | H1      | 104      | 46.5             | 469  | 34.244                           | 402.190  |
|                                  | H2      |          |                  |  |                                  |          |
|                                  | H3      | 103      | 52.0             | 1033   | 32.509                           | 929.150  |
| Oluk Sistemi (AcarOLUKPeF50/600) | O1      | 88       | 35.5             | Bu bölmelerde yakacak odun üretimi yapılmıştır |                                  |          |
|                                  | O2      |          |                  |  |                                  |          |
|                                  | O3      | 84       | 24.5             |  |                                  |          |
| Toplam                           |         |          | 246.0            | 2950   | 886.796                          | 1787.007 |
|                                  |         |          |                  |  | 2673.803                         |          |

Her bir deneme alanında penetrologger ölçüm cihazı (Şekil 2) ile toprak sıkışması ölçülmüştür. Penetrasyon

dirençleri Eijkelkamp firması tarafından üretilen penetrologger yardımıyla gerçekleştirilmiştir.



**Şekil 2.** Penetrasyon direçlerinin ölçümünde kullanılan penetrologger

Penetrologger, özellikle toprakların penetrasyon dirençlerini ölçmek ve bu değerleri dijital ortama aktarmak için geliştirilmiş bir cihazdır. Cihaz yardımıyla 60 cm'lik profil boyunca her

1cm'de penetrasyon değerleri belirlenmiş ve veriler bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Penetrasyon direncini belirlemede kullanılan penetrologger arazide bir sondanın girişine karşı

toprağın göstermiş olduğu direncin ölçülmesi temeline dayanmaktadır (Turgut, 2008). Ölçümlerde taban alanı 1 cm<sup>2</sup> olan koni şeklindeki uç kullanılmıştır.

Orman toprağının sıkışma derecesini belirlemeye yönelik olarak yapılan Penetrasyon direnç ölçümleri, 4 farklı bölmeden çıkarma tekniğinin kullanıldığı toplam 12 deneme alanında gerçekleştirilmiştir. Her bir deneme alanında 3 farklı etkilenme alanı ve kontrol olmak üzere toplam 4 farklı alanda ölçüm yapılmıştır. Ayrıca her bir noktada 3 tekrarlı ölçümler yapılmış ve

ortalama değerler hesaplarda kullanılmıştır. Böylece penetrologger ile toprak sıkışıklığını belirlemede [4 bölmeden çıkarma tekniği x 4 etkilenme alanı (kontrol dahil) x 3 nokta (her etkilenme alanında 3 değişik yerde) x 3 tekrar] toplam 432 ölçüm yapılmıştır.

### BULGULAR VE TARTIŞMA

Farklı tekniklerle bölmeden çıkarmanın yapıldığı deneme alanlarında 4 değişik noktada gerçekleştirilen ölçümler sonucunda elde edilen penetrasyon direnci değerlerinin ortalamaları Tablo 3'de verilmiştir.

**Tablo 3.** Deneme alanlarında elde edilen penetrasyon direnci değerleri

| Ölçüm Noktası | Ortalama Penetrasyon Direnci (Mpa) | En Düşük Penetrasyon Direnci (Mpa) | En Yüksek Penetrasyon Direnci(Mpa) |
|---------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| İnsan Gücü    | Üst                                | 5.05                               | 2.18                               |
|               | Orta                               | 6.15                               | 3.25                               |
|               | Alt                                | 5.26                               | 2.44                               |
|               | Kontrol                            | 3.46                               | 1.86                               |
| Traktör       | Üst                                | 6.23                               | 3.69                               |
|               | Orta                               | 7.21                               | 3.52                               |
|               | Alt                                | 3.45                               | 2.33                               |
|               | Kontrol                            | 2.94                               | 2.13                               |
| Hava Hattı    | Üst                                | 3.96                               | 1.88                               |
|               | Orta                               | 3.55                               | 2.36                               |
|               | Alt                                | 4.43                               | 2.77                               |
|               | Kontrol                            | 3.15                               | 1.78                               |
| Oluk Sistemi  | Üst                                | 3.76                               | 2.05                               |
|               | Orta                               | 3.03                               | 1.97                               |
|               | Alt                                | 2.85                               | 2.01                               |
|               | Kontrol                            | 2.78                               | 1.99                               |

Tabloda yazılan her bir değer hesaplanmasında; örneğin insan gücü ile bölmeden çıkarmanın yapıldığı ve ürünlerin kesilip sürütülmeye hazırlandığı ve işçiler tarafından ilk hareketin verildiği sürütme şeritinin üst noktasında elde edilen ortalama 5.05 penetrasyon direnci değeri 3 değişik deneme alanında sürütmenin başladığı yerde ve 3 ayrı noktada ve 3 tekrarlı

olarak yapılan ve penetrologger yardımıyla ölçülen penetrasyon dirençleri değerlerinin ortalamasıdır. Yani tablodaki her bir değer toplam 27 ölçüm değerinin ortalamasıdır.

Penetrasyon dirençlerindeki değişimler ile bölmeden çıkarma tekniği arasındaki ilişkiye bakılırken, her bir bölmeden çıkarma tekniği kendi içinde

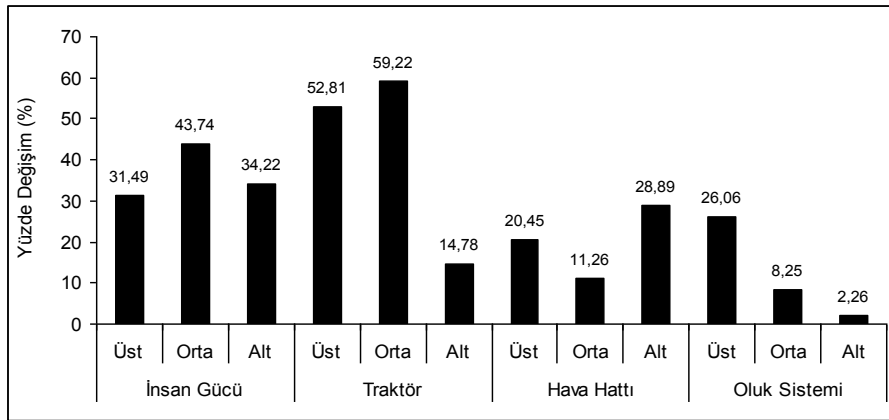
incelenmiştir. Bunun sebebi, orman topraklarının farklı noktalarda farklı fiziksel özelliklere sahip olması ve bir kuvvet altında farklı sıkışma özelliği gösterebilmesidir. Bu yöntemle; farklı bölmeden çıkarma tekniklerinin kullanıldığı yerlerde toprakların penetrasyon dirençlerinde yüzde değişimlere bakılarak, en fazla değişimin

hangi bölmeden çıkarma tekniğinin kullanıldığı alanlarda olduğu tespit edilmiştir. Tablo 4’de bölmeden çıkarma tekniklerinde, kontrol ölçümlerine göre penetrasyon dirençlerindeki yüzde değişimler verilmiştir.

Penetrasyon direnç değerlerindeki değişimi daha iyi görebilmek için Şekil 3 oluşturulmuştur.

**Tablo 4.** Penetrasyon direnci değerlerindeki yüzde değişimler

| Ölçüm Noktası |      | Ortalama Penetrasyon<br>Direnci (Mpa) | Kontrol Penetrasyon<br>Direnci (Mpa) | Yüzde değişim (%) |
|---------------|------|---------------------------------------|--------------------------------------|-------------------|
| İnsan Gücü    | Üst  | 5.05                                  | 3.46                                 | 31.49             |
|               | Orta | 6.15                                  | 3.46                                 | 43.74             |
|               | Alt  | 5.26                                  | 3.46                                 | 34.22             |
| Traktör       | Üst  | 6.23                                  | 2.94                                 | 52.81             |
|               | Orta | 7.21                                  | 2.94                                 | 59.22             |
|               | Alt  | 3.45                                  | 2.94                                 | 14.78             |
| Hava Hattı    | Üst  | 3.96                                  | 3.15                                 | 20.45             |
|               | Orta | 3.55                                  | 3.15                                 | 11.26             |
|               | Alt  | 4.43                                  | 3.15                                 | 28.89             |
| Oluk Sistemi  | Üst  | 3.76                                  | 2.78                                 | 26.06             |
|               | Orta | 3.03                                  | 2.78                                 | 8.25              |
|               | Alt  | 2.85                                  | 2.78                                 | 2.26              |



**Şekil 3.** Bölmeden çıkarma yöntemlerinde kontrol ölçümlerine göre penetrasyon direnci değerlerindeki yüzde değişimler

Şekil 3’de de görüldüğü gibi penetrasyon direnci değerlerinde en fazla değişim insan gücü ve traktörle bölmeden çıkarma çalışmalarının yapıldığı deneme alanlarında olmuştur. İnsan gücü ile zemin üzerinde kontrolsüz olarak

kaydırılan tomruklar orman toprağı üzerinde baskı oluşturmaktadır. Bu baskı en fazla Şekil 3’de orta diye gösterilen ve sürütme şeridinin ürünlerin kaydırılmaya başlandığı yerden ürünlerin biriktiği yer arasındaki alanlarda

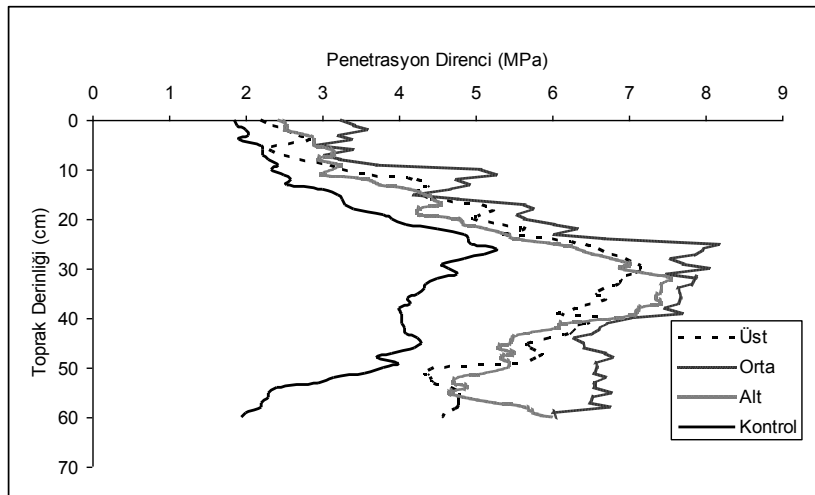
ürünlerin hızla yamaç aşağıya kaydığı bölgelerde en fazladır. Bu noktalardaki penetrasyon direnci değerlerindeki kontrol değerlerine göre oluşan değişim % 43.74 olarak ölçülmüştür. İnsan gücü ile bölmeden çıkarmada; ürünlerin kesilip kaydırmaya hazırlandığı ve şekilde üst olarak tabir edilen yerlerdeki penetrasyon direnci değerlerindeki değişim % 31.49, ürünlerin kaydırmadan sonra biriktiği yerlerde ise % 34.22 olarak tespit edilmiştir.

Traktörle bölmeden çıkarmada penetrasyon dirençlerindeki en yüksek değişim, kablo çekimi için yüklemenin yapıldığı (alt) yer ile ürünlerin boşaltıldığı (üst) yer arasında sürütme şeridinin orta kısımlarında % 59.22 ile gerçekleşmiştir. Değişim oranı sürütme şeridinin alt kısımlarına % 14.78, boşaltmanın yapıldığı üst kısımlarda ise % 52.81 olarak hesaplanmıştır.

Penetrasyon direnç değerlerindeki yüzde değişim bölmeden çıkarmanın hava hattı ve oluk sistemi ile yapıldığı alanlarda, insan gücü ve traktörle bölmeden

çıkarmaya oranla daha düşük seviyede gerçekleşmiştir. Hava hattı ile bölmeden çıkarmada en fazla değişim ürünlerin kesime hazırlandığı ve yüklemenin yapıldığı hava hattı koridorunun alt kısımlarında % 28.89 olarak gerçekleşmiştir. Ürünlerin boşaltıldığı alanlarda bu değişim % 14.78 olurken taşımanın yapıldığı hava hattı koridorunda ise % 11.26 olarak gerçekleşmiştir. Oluklarla yapılan bölmede çıkarma çalışmalarında ise bu değişimler diğer bölmeden çıkarma tekniklerine göre en düşük seviyede gerçekleşmiştir. Bu güzergâhlarda en yüksek değişim ürünlerin kesilip yığıldığı ve yüklemeye hazır hale getirildiği üst kısımlarda % 26.06 olarak gerçekleşmiştir. Ürünlerin oluk sisteminin içinde aktığı orta kısımlarda bu değişim oranı % 8.25'e kadar düşmüştür.

Deneme alanlarında yapılan penetrasyon direnç ölçümlerinin toprak derinliğine göre değişimleri aşağıdaki grafiklerde verilmiştir (Şekil 4, 5, 6 ve 7).

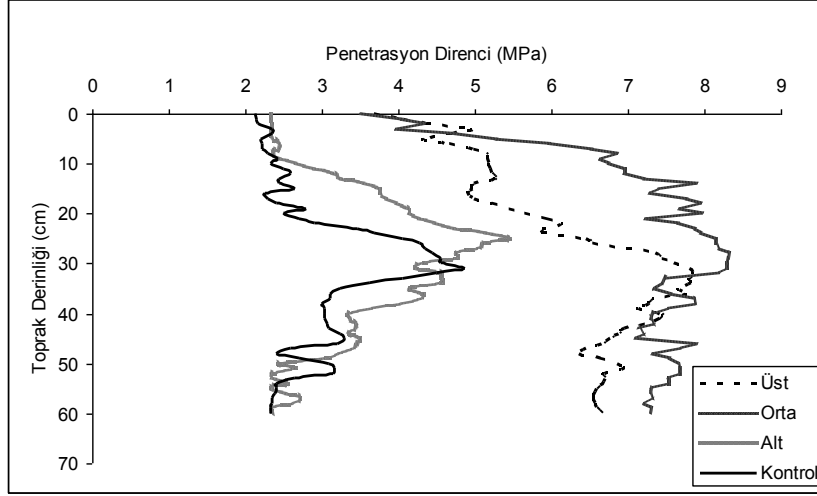


Şekil 4. İnsan gücü ile bölmeden çıkarmanın yapıldığı deneme alanlarında penetrasyon direnç değişimleri



Şekil 4 incelendiğinde insan gücü ile bölmeden çıkarmanın yapıldığı alanlarda yukarıda da değinildiği gibi kontrol noktalarına göre penetrasyon direnç değerlerindeki değişimin en yüksek olduğu görülmektedir. Yukarıdan aşağıya doğru kaydırma şeklinde gerçekleştirilen insan gücüyle bölmeden çıkarma

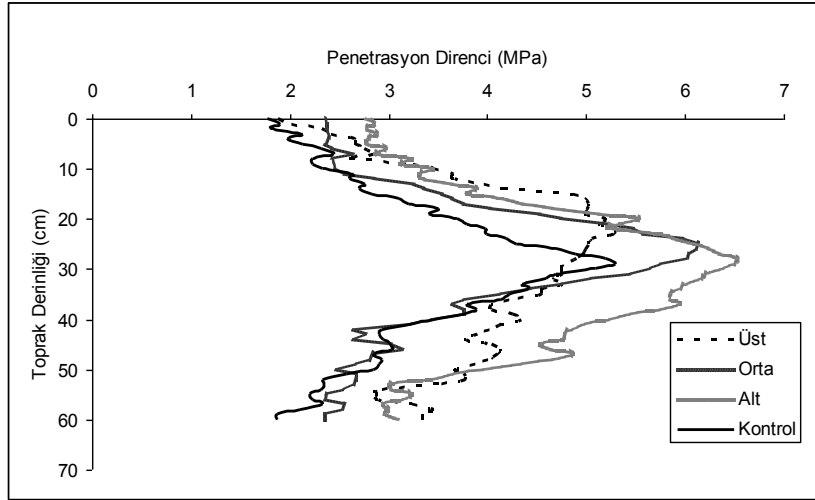
sürütme şeritlerinin üst orta ve alt noktalarının her üçünde de kontrol noktasına göre daha yüksek penetrasyon değerleri tespit edilmiştir. Toprak etkilenme alanlarında en yüksek penetrasyon direnç değerleri 25-35 cm derinliklerde ölçülmüştür.



Şekil 5. Traktör ile bölmeden çıkarmanın yapıldığı deneme alanlarında penetrasyon dirençlerinin değişimi

Traktörle bölmeden çıkarma yapılan alanlarda sürütme şeridi üzerinde ürün bağlanmasının yapıldığı alt kısımlarda ölçülen penetrasyon direnci değerleri kontrol noktalarına oldukça yakın çıkmıştır (Şekil 5). Bunun yanında sürütme şeridi üzerinde sürütmenin yapıldığı ve ürünlerin zemine en çok baskı yaptığı orta kısımlarda penetrasyon

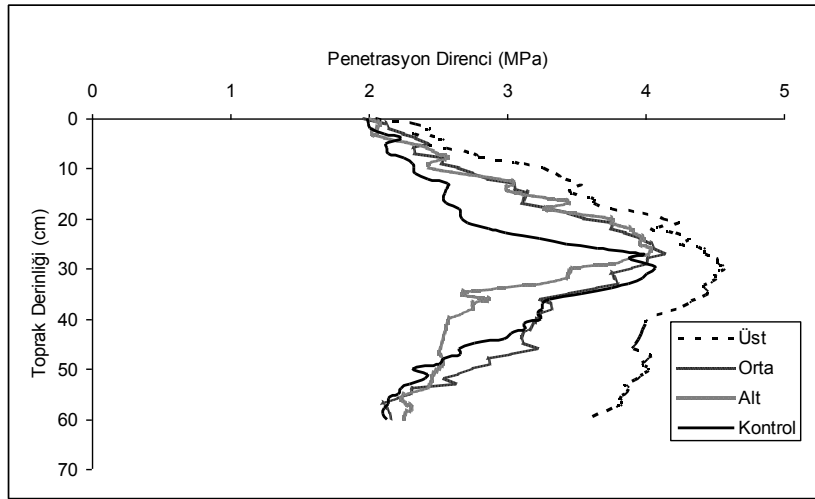
direnci değerleri yüksek çıkmıştır. Bu noktaları takiben ikinci en yüksek penetrasyon direnci değerleri, sürütülen ürünlerin çözüldüğü ve geçici olarak depolandığı sürütme şeridinin üst kısımlarında ölçülmüştür. Bu deneme alanlarında da en yüksek penetrasyon direnç değerleri 25-35 cm toprak derinliklerinde ölçülmüştür.



**Şekil 6.** Hava hattı ile bölmeden çıkarmanın yapıldığı deneme alanlarında penetrasyon dirençlerinin değişimi

Şekil 6 incelendiğinde hava hattı ile bölmeden çıkarmanın yapıldığı deneme alanlarında kontrol noktalarında ölçülen penetrasyon direnci değerleri hava hattı koridoru üzerinde alt, orta ve üst kısımlarda traktörle ve insan gücü ile

bölmeden çıkarmanın yapıldığı alanlara göre daha az değişim gözlenmektedir. Bu alanlarda en yüksek penetrasyon direnç değerleri 22-29 cm toprak derinliklerinde ölçülmüştür.



**Şekil 7.** Oluk sistemi ile bölmeden çıkarmanın yapıldığı deneme alanlarında penetrasyon dirençlerinin değişimi

En az yüzde değişimin hesaplandığı oluk sistemleri ile bölmeden çıkarmanın yapıldığı alanlarda sadece yüklemenin yapıldığı üst kısımlarda kontrol noktasına göre bir değişim görülmektedir (Şekil 7).

Bunun nedeni, oluk sistemlerine yüklenecek ürünlerin toplandığı, taşınmaya hazır hale getirildiği ve yüklendiği bu noktalarda orman toprağının daha fazla sıkışmasıdır. Bu

deneme alanlarında en yüksek penetrasyon direnç değerleri 25-35 cm derinliklerde ölçülmüştür.

Toprakların yapısal karakteristikleri, havalanması ve toprak su dengesi ağır makinelerin ya da insan faaliyetlerinin sıkıştırmalarıyla olumsuz yönde etkilenmekte bu etkilenmede toprak organizmalarını ve kök gelişmesini önemli derecede zayıflatabilmektedir (Makineci vd. 2007). Bu etkilenme, ilksel köklerin uzama ve topraklarda ilerleme gücünü azaltarak besin elementi ve su alma yeteneğini düşürmektedir (Kozłowski 1999). Sonuçta, toprakta meydana gelen bu sıkışma ağaçların gelişmesini yavaşlatmaktadır (Gebauer ve Martinkova 2005). Toprakların bu şekilde bozulması, sıkışması ve özelliklerinin değişmesi toprakta önemli roller üstlenen organizmalarının (örneğin, ölü örtü ayrışmasındaki önemli rolleri) aktifliğini ve çeşidini etkileyerek, toprak verimliliğinin düşmesine neden olabilmektedir (Gobat vd. 1998).

İnsan gücü ya da traktörle yapılan bölmeden çıkarma çalışmalarında toprak yüzeyinde meydana gelen basınç, vibrasyon ve kesme direnci toprak sıkışmasına neden olmaktadır. Bazı çalışmalarda bu etkilerin toprakların toplam boşluklarının % 20'ye varan oranda azalmasına ve mikro boşluklar yönünde makro boşlukların % 50-60 oranında azaldığı bildirilmiştir (Herbauts vd. 1996). Toprak sıkışması ile toprak yüzeyinde ya da toprak üst kısmında bulunan ölü örtü ya da organik madde kısımlarının ayrıştırılması sonucu açığa çıkan besin elementleri ile ortamda bulunan suyun toprak içerisinde birlikte ilerlemesi ve bitki köklerine ulaşarak bitkinin bundan yararlanması da olumsuz etkilenebilecektir (Sarıyıldız ve

Küçük, 2009).

## SONUÇLAR

Farklı bölmeden çıkarma tekniklerinin orman toprağının sıkışmasına etkilerinin araştırıldığı bu çalışma sonuçlarına göre; penetrasyon direnci değerlerindeki değişim en fazla insan gücü ve traktörle bölmeden çıkarma çalışmalarının yapıldığı deneme alanlarında olmuştur. Kontrol noktalarına göre penetrasyon direnç değerlerindeki değişimler hava hattı ve oluk sistemleriyle bölmeden çıkarmanın yapıldığı alanlarda insan gücü ve orman traktörü ile çalışılan alanlara göre daha az olduğu tespit edilmiştir.

İnsan gücü ile zemin üzerinde kontrolsüz olarak kaydırılan tomruklar orman toprağı üzerinde baskı oluşturmaktadır. Bu baskı en fazla sürütme şeridinin ürünlerin kaydırılmaya başlandığı yerden ürünlerin biriktiği yer arasındaki alanlarda ürünlerin hızla yamaç aşağıya kaydığı bölgelerde görülmüştür. İnsan gücü ile bölmeden çıkarmada; ürünlerin kesilip kaydırmaya hazırlandığı ve ürünlerin kaydırmadan sonra biriktiği yerlerdeki toprak sıkışması diğer alanlara göre daha az olmuştur.

Traktörle bölmeden çıkarmada, penetrasyon dirençlerindeki en yüksek değişim, yükleme ve boşaltma istasyonu arasında yani ürünlerin kablo çekimi ile doğrudan zemin üzerinde sürütüldüğü hatta gerçekleşmiştir.

Hava hattı ile bölmeden çıkarmada en fazla değişim ürünlerin kesime hazırlandığı ve yüklemenin yapıldığı hava hattı koridorunun alt kısımlarında gerçekleşmiştir. Ürünlerin boşaltıldığı alanlarda ve taşımanın yapıldığı hava hattı

koridorunda bu değişim daha düşük tespit edilmiştir.

Oluklarla yapılan bölmede çıkarma çalışmalarında ise bu değişimler diğer bölmeden çıkarma tekniklerine göre en düşük seviyede gerçekleşmiştir. Bu güzergâhlarda en yüksek değişim ürünlerin kesilip yığıldığı ve yüklemeye hazır hale getirildiği üst kısımlarda gerçekleşmiştir.

Bölmeden çıkarma faaliyetlerinden orman toprağının sıkışmasına olan etkilerini azaltmada;

- uygun bölmeden çıkarma zamanının ve tekniğinin belirlenmesi,
  - insan gücü ile serbest kaydırmada ve traktör gücü ile kablo çekiminde uygun şeritlerin seçilmesi,
  - hava hatları ile bölmeden çıkarmada ürünlerin hat boyunca tamamen askıda taşınması,
  - ince çaplı odunların bölmeden çıkarılmasında çevresel zararları en az olan oluk sistemlerinin tercih edilmesi,
  - kesim ve bölmeden çıkarma planının doğru yapılması
- önemli faydalar sağlayabilir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Kurumu (TUBİTAK) tarafından 106 O 054 nolu proje ile desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Akay AE, Yüksel A, Reis M, Tutuş, A (2007) The impacts of ground-based logging equipment on forest soil. *Po. J Environ Stud* 16: 371-376
- Ampoorter E, Goris R, Cornelis WM, Verheyen K (2007) Impact of mechanized logging on

- compaction status of sandy forest soils. *For Eco and Man* 241: 162-174,
- Baumgras JE, Herar JR, ledoux CB (1995) Environmental impacts from skyline yarding partial cuts in an appalachian hardwood stand: A Case Study In: Council on Forest Engineering 18th Annual Meeting, Sustainability, Forest Health & Meeting The Nation's Needs for Wood Products, North Carolina pp 413-419
- Bettinger P, Kellogg LD (1993) Residual stand damage from cut-to-length thinning of second-growth timber in the cascade range of Western Oregon. *Forest Product Journal*, 43: 59-64
- Bettinger P, Armlovich D, Kellogg LD (1994) Evaluating area in logging trails with a geographic information system. *Transactions of the ASAE*, 37: 1327-1330
- Blomback P (2001) Improving occupational safety and health: The International Labour Organization's Contribution, Applying reduced impact logging to advance sustainable forest management. *International Conference Kuching Malaysia* pp 181-192
- Croke J, Hairsine P, Fogarty P (1999) Runoff regeneration and re-distribution in logged eucalyptus forests, Southeastern Australia. *J. Hydrol.* 216: 56-77
- Croke, J, Hairsine P, Fogarty P (2001) Soil recovery from track construction and harvesting changes in surface infiltration, erosion and delivery rates with time. *For Eco and Man* 143: 3-12
- Demir M, Makineci E, Yılmaz E (2007) Harvesting impacts on herbaceous understory, forest floor and top soil properties on skid road in a beech. *J of Env Bio* 28: 427-432
- Dykstra D, Heinrich R (1992) Sustaining tropical forests through environmentally sound harvesting practices. *Unasylva* 43: 9-15
- Elias A (1995) A case study on forest harvesting damages, structure and composition dynamic changes in the residual stand dipterocarp forest in East Kalimantan, Indonesia. *IUFRO XX. World Congress*, Tampere, Finland pp 110-112
- Elias A (1998) Reduced impact timber harvesting in The Tropical Natural Forest in Indonesia. *Forest Harvesting Case-Study* 11. Rome.
- Erdaş O (1993) Bölmeden çıkarma sırasında traktör kullanımının orman toprağının mekanik özelliklerine etkisi ve bunun biyolojik sonuçları. *Turk J Agric For*, 17: 1-10

- Eroğlu H, Acar, HH (2007) The comparison of logging techniques for productivity and ecological aspects In Artvin, Turkey. Journal of Applied Science, 14: 1973-1976
- Eroğlu H, Sarıyıldız T, Küçük M, Sancal E (2010) Doğu ladini meşcerelerinde bölmeden çıkarma çalışmalarının orman toprağının fiziksel özellikleri üzerine etkileri. SDÜ, Orman Fakültesi Dergisi A-1: 30-42
- FAO (1997) Forest harvesting in natural forests of the Republic of the Congo, Forest Harvesting Case-Study 7, Roma
- Froehlich HA, Aulerich DE, Curtis R (1981) Designing skid trail systems to reduce soil impacts from tractive logging machines. Research Paper: 44 Oregon State University
- Gebauer R, Martinkova, M (2005) Effects of pressure on the root systems of Norway spruce plants (*Picea Abies* (L.) Karst.). J of For Sci, 51: 268-275
- Gerwing JJ, (2006) The influence of reproductive traits on liana bundance 10 Years after conventional and reduced impacts logging in the Eastern Brazilian Amazon. For Eco and Man 221: 83-90
- Gobat JM, Aragno M, Matthey W (1998) Le sol vivant. Presses Polytechniques Et Universitaires Romandes
- Herbauts J, El Bayad J, Gruber W (1996) Influence of logging traffic on the hydromorphic degradation of acid soils developed on loessic loam in Middle Belgium, For Eco and Man 87: 193-207
- Holmes TP, Blate GM, Zweede JC, Pereira R, Barreto P, Boltz F, Bauch R (2002) Financial and ecological indicators of reduced impact logging performance in the Eastern Amazon. For Eco and Man 63: 93-110
- Horn R, Vossbrink J, Peth S, Becker S (2007) Impact of modern forest vehicles on soil physical properties, For Eco and Man 248: 56-63
- Johns JS, Barreto P, Uhl C (1996) Logging damage during planned and unplanned logging operations in the Eastern Amazon. For Eco and Man 89: 59-77
- Kozłowski, TT (1999) Soil compaction and growth of woody plants. Scan J of For Res 14: 596-619
- Krzic M, Newman RF, Broersma K (2003) Plant species diversity and soil quality in harvested and Grazed Boreal Aspen Stands of Northeastern British Columbia. For Eco and Man 182: 315-325
- Makineci E, Demir M, Yılmaz, E (2007) Long-term harvesting effects on skid trail road in a fir (*Abies Bornmulleriana* Mattf.) plantation forest. Build and Env, 42: 1538-1543
- Marshall VG (2000) Impacts of forest harvesting on biological processes in Northern forest soils. For Eco and Man 133: 43-60
- Pinard MA, Barker MG, Tay J (2000) Soil disturbance and post-logging forest recovery on bulldozer paths in Sabah, Malaysia. For Eco and Man 130: 213-225
- Putz FE, Sist P, Fredericksen T, Dykstra D (2008) Reduced-impact logging: challenges and opportunities. For Eco and Man 256: 1427-1433
- Quesnel HJ, Curan MP (2000) Shelterwood harvesting in root-disease infected stands-post-harvest soil disturbance and compaction. For Eco and Man 133: 89-113
- Sarıyıldız T, Küçük M (2009) Influence of slope position, stand type and rhododendron (*Rhododendron Ponticum*) on litter decomposition rates of oriental beech (*Fagus Orientalis* Lipsky.) and spruce [*Picea Orientalis* (L.) Link]. Eur J Forest Res 128: 351-360
- Smidt M, Blinn CR (1995) Logging For The 21st Century: Forest Ecology and Regeneration, (FO-06517), University of Minnesota
- Steege HT, Welch I, Zagt R (2002) Long-term effect of timber harvesting in the Bartica Triangle, Central Guyana. For Eco and Man 170: 127-144
- Turgut B (2008) Toprak sıkışması ve sıkışmaya etki eden toprak özelliklerinin yersel değişim paternlerinin jeoistatistiksel yöntemlerle belirlenmesi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi